

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kanker ginjal merupakan salah satu jenis kanker dengan angka kejadian yang terus meningkat, dengan lebih dari 400.000 kasus baru dan 175.000 kematian setiap tahun di seluruh dunia [1]. Karsinoma Sel Ginjal (Renal Cell Carcinoma/RCC) adalah tipe yang paling umum dan berasal dari epitel tubulus ginjal. RCC terbagi menjadi beberapa subtipe, seperti Clear Cell RCC (ccRCC), Papillary RCC (pRCC), dan Chromophobe RCC (chRCC), yang memiliki perbedaan biologis dan respons terapi. Identifikasi subtipe menjadi penting karena pilihan pengobatan dan prognosis sangat bergantung pada klasifikasi yang akurat. Namun, pembedaan subtipe RCC melalui citra CT konvensional masih menjadi tantangan. Banyak subtipe memiliki pola morfologi yang saling tumpang tindih, seperti tekstur homogen, pola enhancement yang mirip, serta variasi vaskularisasi yang tidak selalu konsisten. Kesulitan ini semakin nyata ketika membedakan lesi jinak seperti Oncocytoma dari subtipe ganas seperti Chromophobe RCC, yang sering tampil dengan karakteristik visual yang hampir identik [2, 3]. Kondisi ini membuat diagnosis sangat bergantung pada interpretasi subjektif radiolog, sehingga berisiko menghasilkan variabilitas dan mis-klasifikasi.

Keterbatasan visual pada CT menyebabkan perlunya pendekatan komputasional yang mampu mengevaluasi informasi tekstur dan intensitas secara lebih detail. Radiomik menawarkan solusi dengan mengubah pola visual menjadi fitur numerik yang terukur—meliputi shape, first-order statistics, serta fitur tekstur seperti GLCM, GLRLM, dan GLSZM [4]. Fitur-fitur ini terbukti mampu menangkap perbedaan halus antar-subtipe RCC yang sering tidak terlihat oleh mata manusia. Agar model tidak terbebani oleh ratusan fitur radiomik, proses seleksi fitur menjadi penting untuk memilih variabel yang paling informatif. Beberapa teknik seperti analisis korelasi, ANOVA, dan Recursive Feature Elimination (RFE) umum digunakan untuk mengurangi redundansi dan meningkatkan kinerja model. Pada tahap klasifikasi, penelitian radiomik umumnya menggunakan beragam pendekatan algoritmik, mulai dari machine learning klasik (misalnya regresi logistik), metode ensemble seperti XGBoost yang mampu menangani data berdimensi tinggi dan fitur saling berkorelasi, hingga model deep learning

pada kasus tertentu. Pendekatan ensemble seperti XGBoost tetap menjadi salah satu pilihan paling efektif dalam konteks radiomik karena ketahanannya terhadap overfitting dan kemampuannya memanfaatkan informasi dari fitur yang beragam [5].

Penelitian ini mengembangkan sebuah pipeline radiomik yang mencakup ekstraksi fitur, seleksi fitur, penanganan ketidakseimbangan data, serta klasifikasi subtipe RCC menggunakan model *machine learning*. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan model klasifikasi yang lebih objektif, akurat, dan konsisten dibandingkan evaluasi visual semata. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan alat bantu diagnosis berbasis AI untuk mendukung pengambilan keputusan klinis pada deteksi dan karakterisasi kanker ginjal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang arsitektur yang mengintegrasikan model machine learning untuk melakukan klasifikasi subtipe RCC berdasarkan citra CT/MRI dan fitur radiomik?
2. Sejauh mana model machine learning mampu membedakan subtipe RCC secara akurat dibandingkan dengan metode konvensional (interpretasi visual)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan sistem klasifikasi otomatis berbasis radiomik dan machine learning untuk menentukan subtipe tumor ginjal.
2. Mengevaluasi performa metode seleksi fitur dan klasifikasi dalam membedakan subtipe tumor ginjal.
3. Menghitung metrik performa model klasifikasi, meliputi *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *confusion matrix*, guna menilai kemampuan model dalam mengklasifikasikan subtipe berdasarkan fitur radiomik yang diekstraksi dari citra CT.

1.4 Urgensi Penelitian

Perbedaan biologis dan karakteristik antara subtipe kanker ginjal seperti clear cell, papillary, chromophobe, dan oncocytoma membuat proses diagnosis membutuhkan ketelitian yang tinggi. Namun, pemeriksaan CT secara manual sering kali tidak mampu membedakan subtipe tersebut karena tampilan citra yang mirip dan perbedaan penilaian antar-radiolog. Hal ini dapat menimbulkan ketidakpastian dalam diagnosis dan berpengaruh pada pemilihan terapi. Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang tidak memerlukan tindakan fisik seperti biopsi untuk membantu identifikasi subtipe secara lebih aman dan nyaman bagi pasien. Teknik radiomik dan kecerdasan buatan dapat mengekstraksi pola-pola kuantitatif dari citra CT secara lebih objektif dan konsisten, sehingga berpotensi meningkatkan akurasi identifikasi subtipe. Penelitian ini menjadi penting karena dapat menghasilkan sistem pendukung keputusan klinis yang lebih cepat, stabil, dan berbasis data untuk membantu meningkatkan ketepatan diagnosis dan kualitas penanganan pasien kanker ginjal.

1.5 Luaran Penelitian

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Artikel ilmiah yang dipublikasikan di jurnal atau konferensi nasional.
2. Laporan akhir penelitian yang komprehensif.
3. Model *machine learning* terlatih untuk segmentasi dan model ensemble untuk klasifikasi yang dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut.
4. Kode sumber (source code) dari implementasi model yang diusulkan.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

- Memberikan kontribusi terhadap literatur dalam bidang *medical image analysis*, khususnya terkait pemanfaatan radiomik dan kecerdasan buatan untuk klasifikasi subtipe kanker ginjal berbasis citra CT.

- Menyajikan pendekatan metodologis yang mengintegrasikan segmentasi otomatis menggunakan *Dense U-Net*, ekstraksi fitur radiomik, serta algoritma *machine learning* untuk membedakan subtipe kanker, sehingga memperkaya referensi mengenai model hibrida pada penelitian radiomik.
- Menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang berfokus pada pengembangan sistem pendukung keputusan klinis berbasis AI di bidang onkologi.

2. Manfaat Praktis

- Menyediakan model klasifikasi otomatis yang dapat membantu radiolog dalam mengidentifikasi subtipe kanker ginjal secara lebih cepat, objektif, dan konsisten.
- Mengurangi ketergantungan pada interpretasi manual yang rentan terhadap perbedaan penilaian antar-pemeriksa.
- Meningkatkan efisiensi proses diagnosis dengan memberikan analisis kuantitatif yang dapat digunakan sebagai pendukung keputusan.

3. Manfaat Klinis dan Sosial

- Mendukung pemilihan terapi yang lebih tepat sesuai karakteristik subtipe kanker, sehingga meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pasien.
- Berpotensi meningkatkan hasil klinis melalui identifikasi subtipe yang lebih akurat tanpa prosedur invasif seperti biopsi.
- Dalam jangka panjang, dapat berkontribusi pada pengembangan sistem pendukung keputusan klinis (CDSS) di rumah sakit untuk memperbaiki mutu layanan diagnostik berbasis AI.